

Beiträge zur dynamischen Stabilität der Drehflü-
gelflugzeuge mit gelenkig angeschlossenen Blättern.

III. Teilbericht.

Numerische Untersuchungen über den Einfluß der wichtigsten
Baugrößen auf die Schwebelängsstabilität des zweirotori-
gen Hubschraubers.

Uebersicht: Mit Hilfe der im zweiten Teilbericht abgeleiteten Beziehungen wird an einem Beispiel der Einfluß der verschiedenen, die Stabilität beeinflussenden Größen auf die Schwingungszeit und Anfachung der freien Schwingung berechnet. Dynamische Stabilität wird in keinem Falle erreicht, doch kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen die Anfachung in erträglichen Grenzen gehalten werden. Variiert werden der Abstand des Schlaggelenkes von der Drehachse, die Hochlage der Rotoren über dem Schwerpunkt, das Massenträgheitsmoment des Flugzeuges um die Querachse und das Gewicht der Drehflügel.

Der Bericht umfaßt:

24 Seiten mit
23 Abbildungen.

AERODYNAMISCHE VERSUCHSANSTALT GOETTINGEN E.V.

Institut für instationäre Vorgänge.

Der Institutsleiter

Der Bearbeiter

Gesehen

Küssner

Sissingh

Alh. Betz

(Küssner)

(Sissingh)

(Betz)

Es wird das Ergebnis systematischer Stabilitätsuntersuchungen mitgeteilt, die an einem Hubschrauber mit zwei nebeneinander liegenden, gegenläufigen Rotoren durchgeführt wurden. Den Berechnungen sind folgende Daten zugrunde gelegt:

Fluggewicht	$G = 1300 \text{ kg}$
Rotorhalbmesser	$R = 6 \text{ m}$
Umfangsgeschwindigkeit	$U = 108 \text{ m/s}$
Blatttiefe	$t = 0,3 \text{ m}$
Blattzahl je Rotor	$z = 2$
Aerodynamische Anstellung des Blattes	$\theta = 12^\circ$
Auftriebsgradient des Profils	$c'_a = 5,6$
Widerstandsbeiwert des Profils	$c_w = 0,01$

Variiert wurden der Abstand eR des Schlaggelenkes von der Drehachse, die Hochlage hR der Rotoren über dem Schwerpunkt, das Massenträgheitsmoment I des Hubschraubers um die Querachse und das Einheitsgewicht γ der Drehflügel. Die Berechnungen wurden für drei verschiedene Blatteinheitsgewichte ($\gamma = 2,06 \text{ } 3,09 \text{ und } 6,18 \text{ kg/m}$) durchgeführt. Diese Daten entsprechen bei zentrischen Gelenken den Flügelträgheitszahlen $\gamma = 18, 12 \text{ und } 6$. Da γ definitionsgemäß dem Massenträgheitsmoment des Blattes in Bezug auf das Schlaggelenk umgekehrt proportional ist, ändert sich dieser Wert für $\gamma = \text{const}$ nach Bild 9 mit dem Gelenkabstand e . Es wurde deshalb die Bezeichnung $\bar{\gamma} = \gamma_{e=0}$ eingeführt. Für einen bestimmten $\bar{\gamma}$ - Wert ist dann das Einheitsgewicht des Flügels konstant. Der Gelenkabstand e ist positiv, wenn das Schlaggelenk von Rotormitte aus betrachtet auf der selben Seite liegt wie die Blattspitze. Es wird vorausgesetzt, daß der unverwundene Flügel gleichmäßige Massenverteilung und ein druckpunktfestes Profil hat, bei dem der Druck- und Schwerpunkt zusammenfallen. Gemäß den Voraussetzungen des II. Teilberichtes ist das Blatt gelenkig angeschlossen, selbst aber unendlich biegesteif. Der Einfluß der Biegeweichheit wird in einem späteren Bericht getrennt behandelt werden.

Berechnet wurden die Schwingungszeit T_S und die Doppelwertzeit T_D der freien Längsbewegung. Unter der Doppelwertzeit ist dabei

die Zeit verstanden, in der die Anfachung auf den doppelten Betrag angewachsen ist. Die Bilder 10 bis 27 zeigen die bei den verschiedenen Kombinationen auftretenden Schwingungs- und Doppelwertzeiten. In Bild 28 bis 31 ist ausgehend von den Werten:

$$I = 150 \text{ mkg s}^2$$

$$\bar{\gamma} = 12$$

$$e = 0,05$$

$$h = 0,2$$

gezeigt, welchen Einfluß die Variation eines Parameters bei Konstanthaltung der anderen drei Größen auf T_S und T_D hat. Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß die Anfachung der freien Schwingung verringert wird durch folgende Maßnahmen:

- a) Vergrößerung der Flügelmassen (entspricht γ -Verkleinerung)
- b) Vergrößerung des Schlaggelenkabstandes
- c) Vergrößerung der Rotorhochlage
- d) Verringerung des Massenträgheitsmomentes um die Querachse.

Die Schwingungszeit T_S wird durch den Gelenkabstand e und das Massenträgheitsmoment I wenig verändert. Sie kann erhöht werden durch Verringerung von $\bar{\gamma}$ und h . Für den Fall, daß die Schwingungszeit T_S nach ∞ geht, ergibt die Frequenzgleichung eine positive reelle Lösung. Dies entspricht einer angefachten aperiodischen Bewegung, d. h. der Hubschrauber würde umkippen. Dieser Effekt tritt eigentlich nur bei negativem Gelenkabstand e auf. Die Kurven wurden nur im Bereich der periodischen Bewegung gezeichnet, der Grenzwert ist in den T_D -Kurven durch einen kleinen Kreis gekennzeichnet.

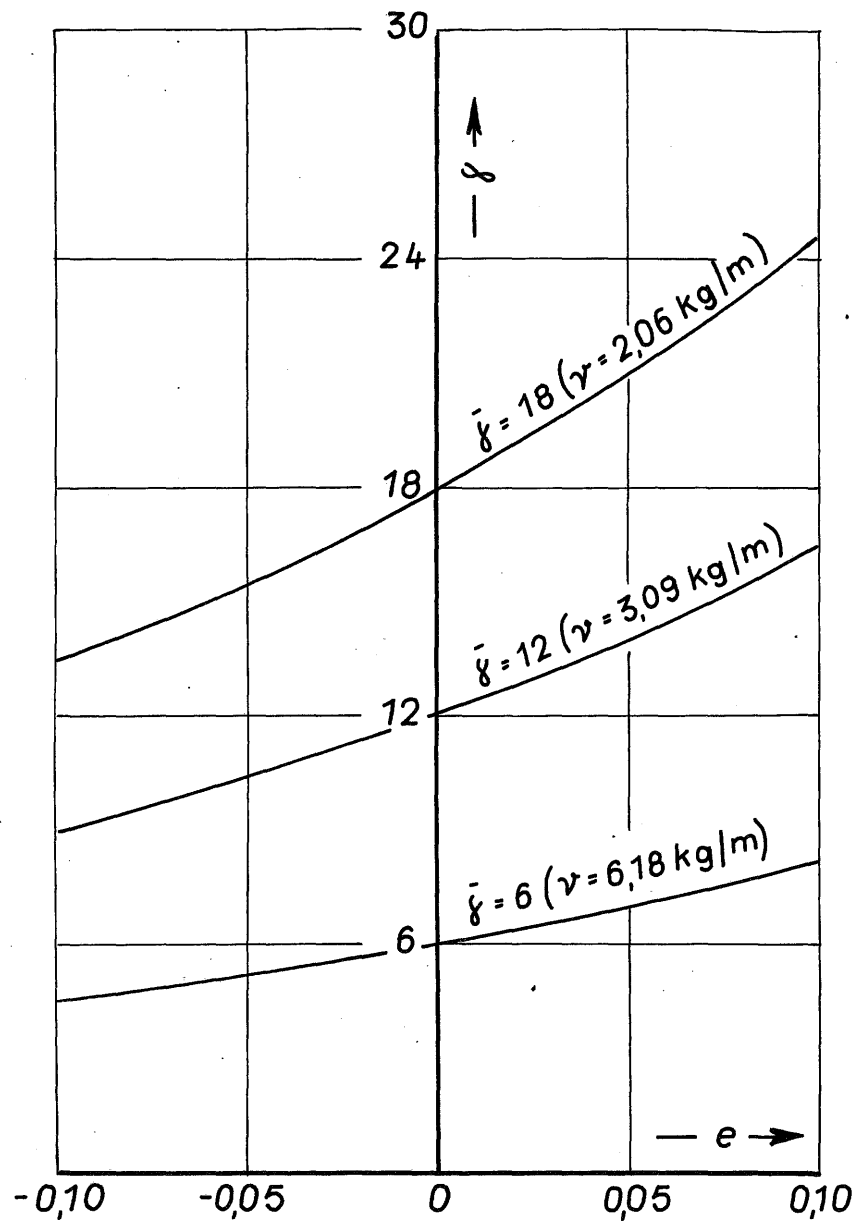


Bild 9

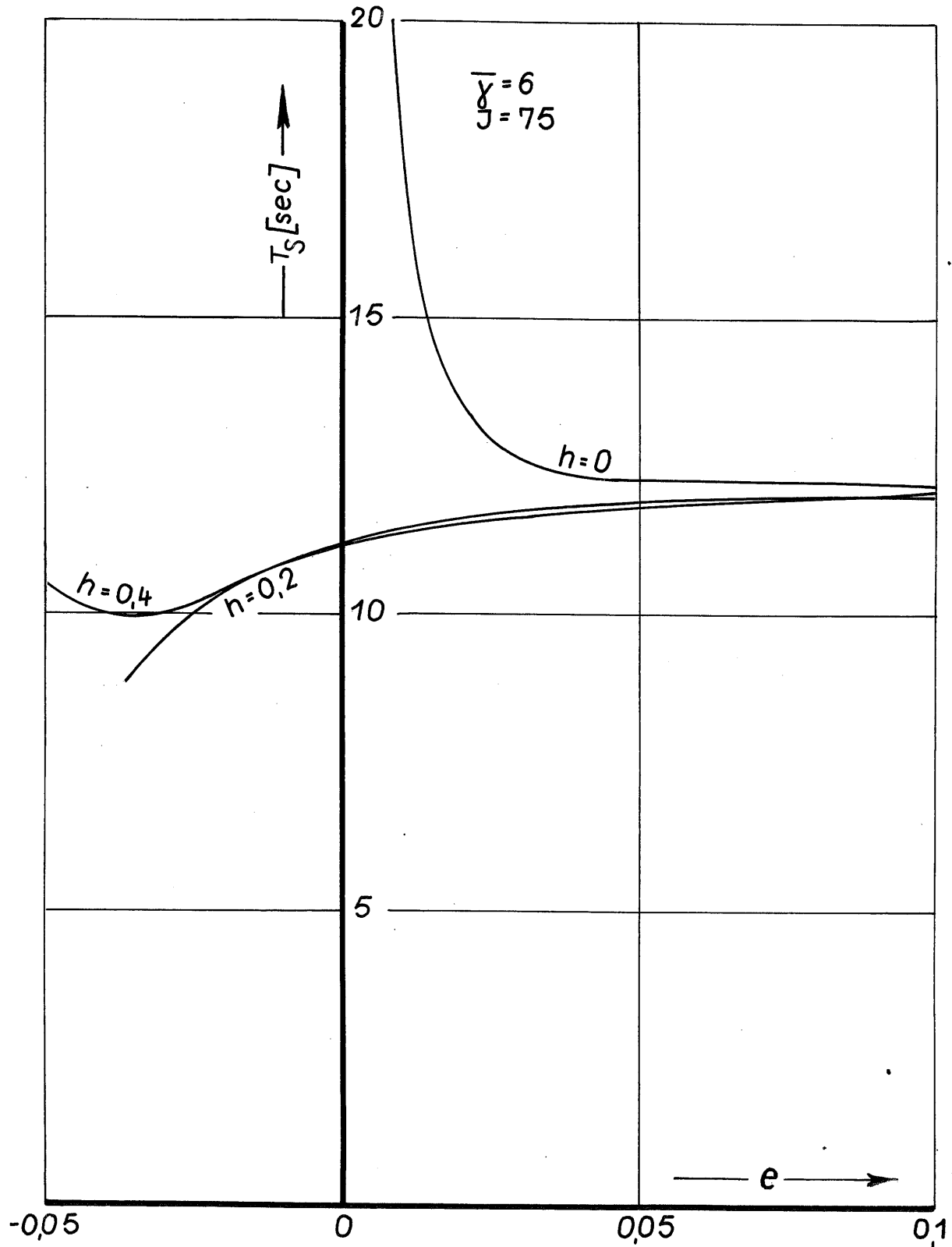


Bild 10

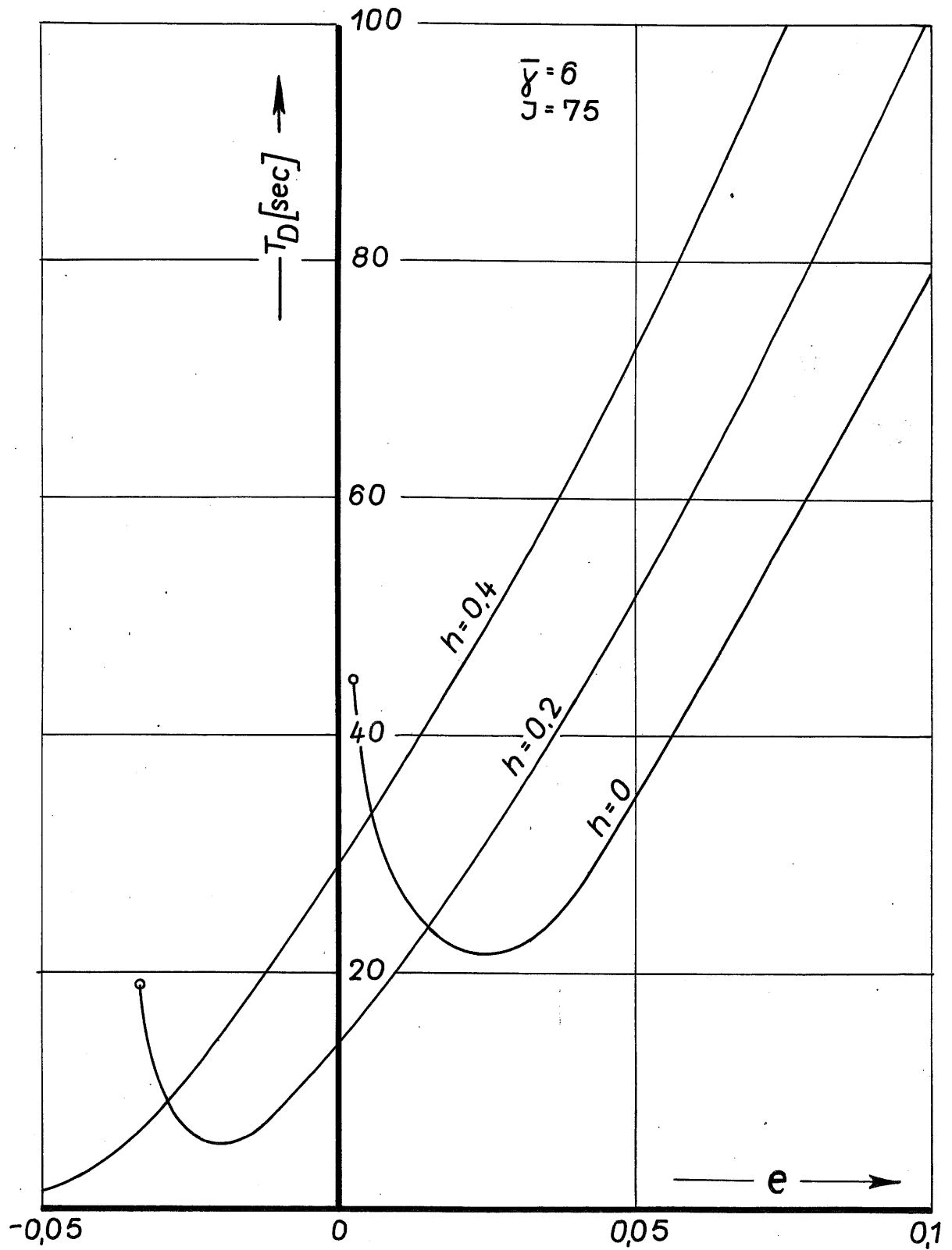


Bild 11

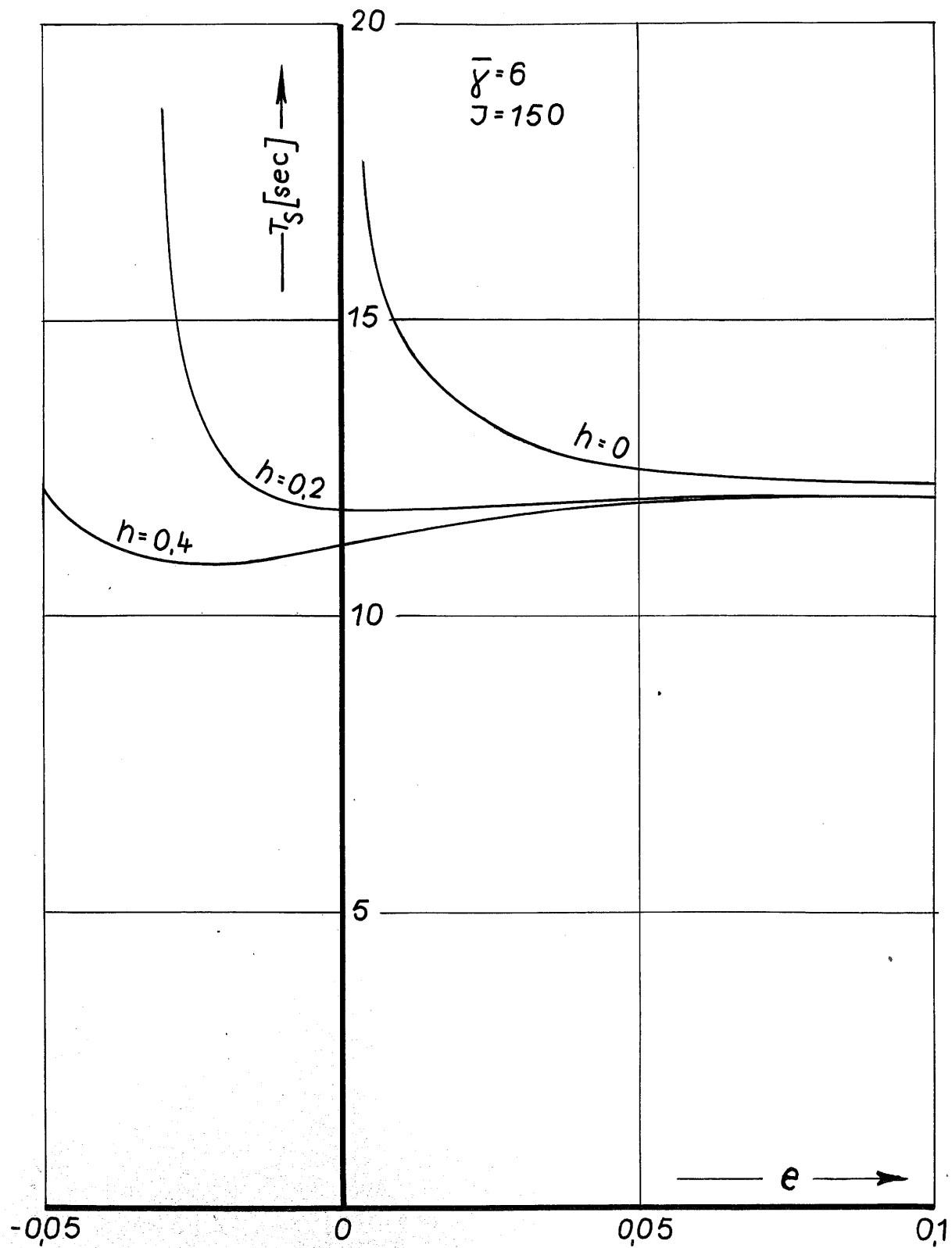


Bild 12

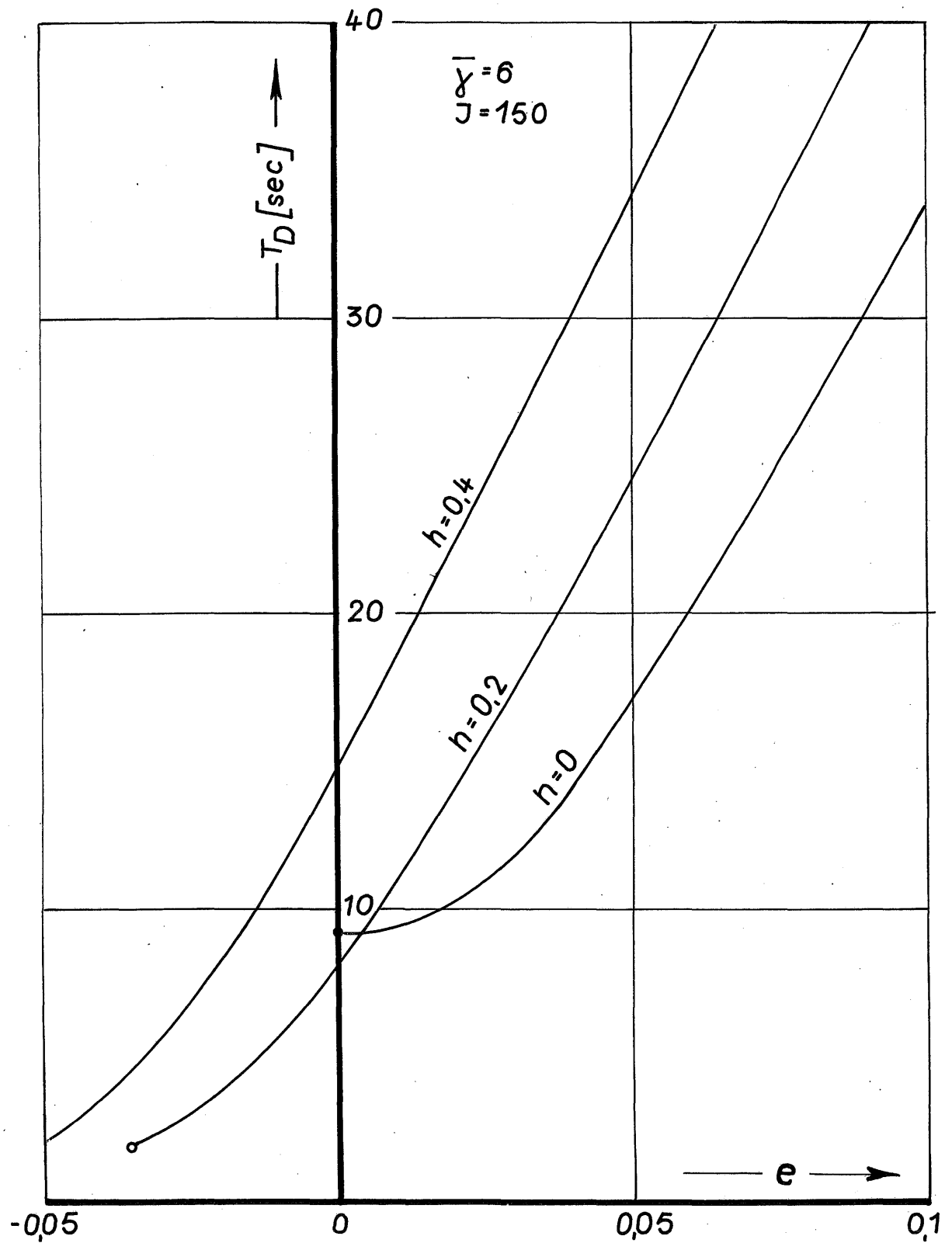


Bild 13

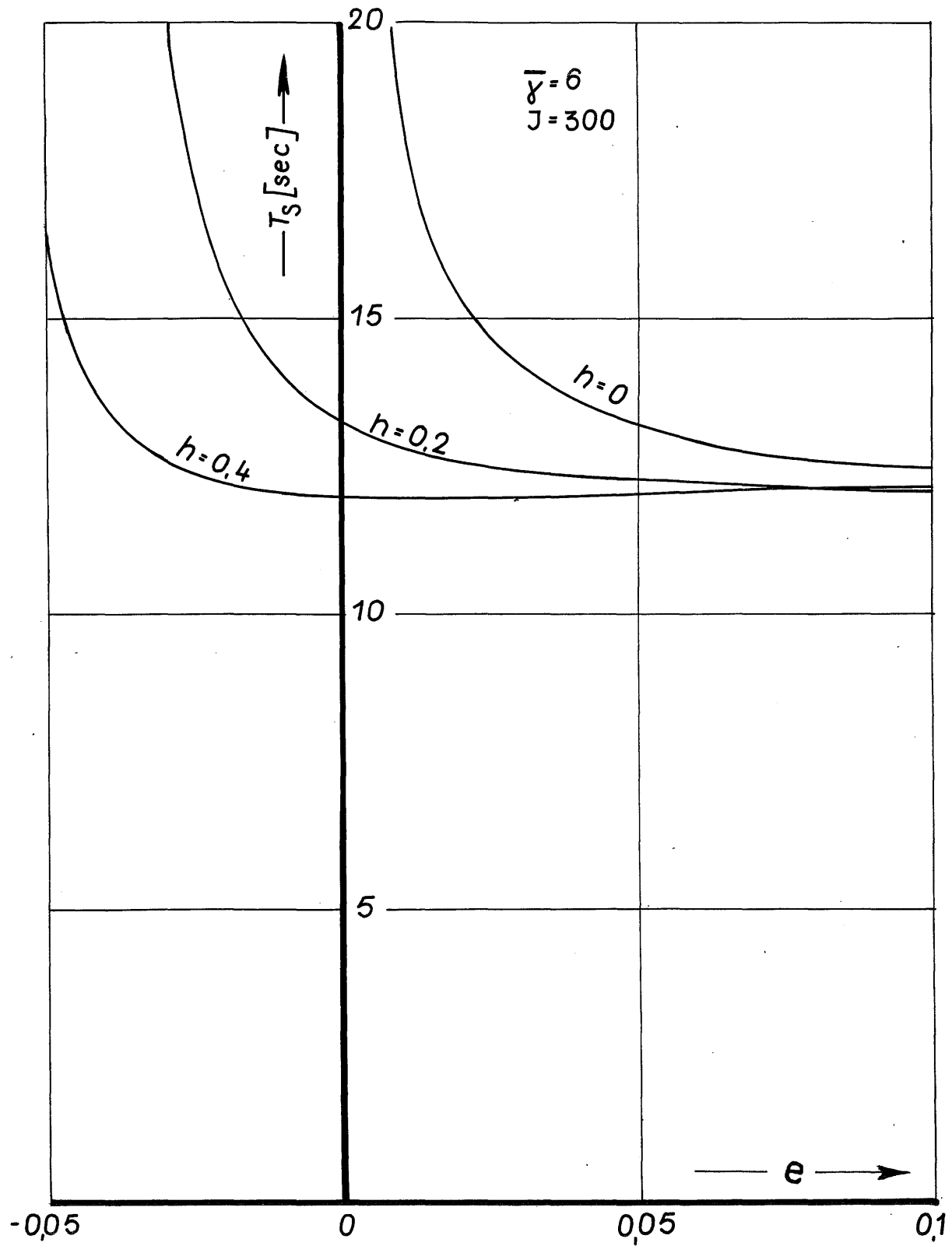


Bild 14

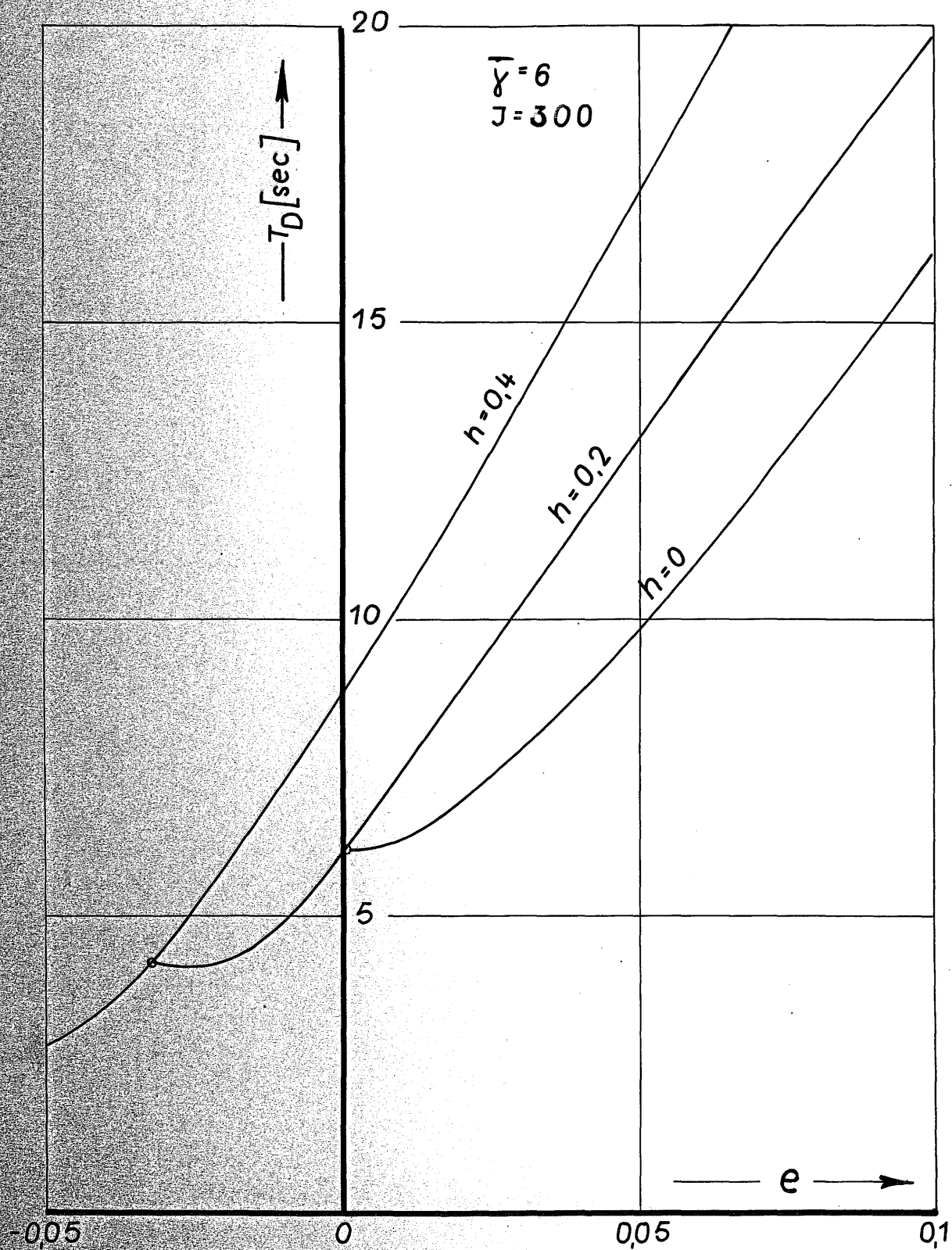


Bild 15

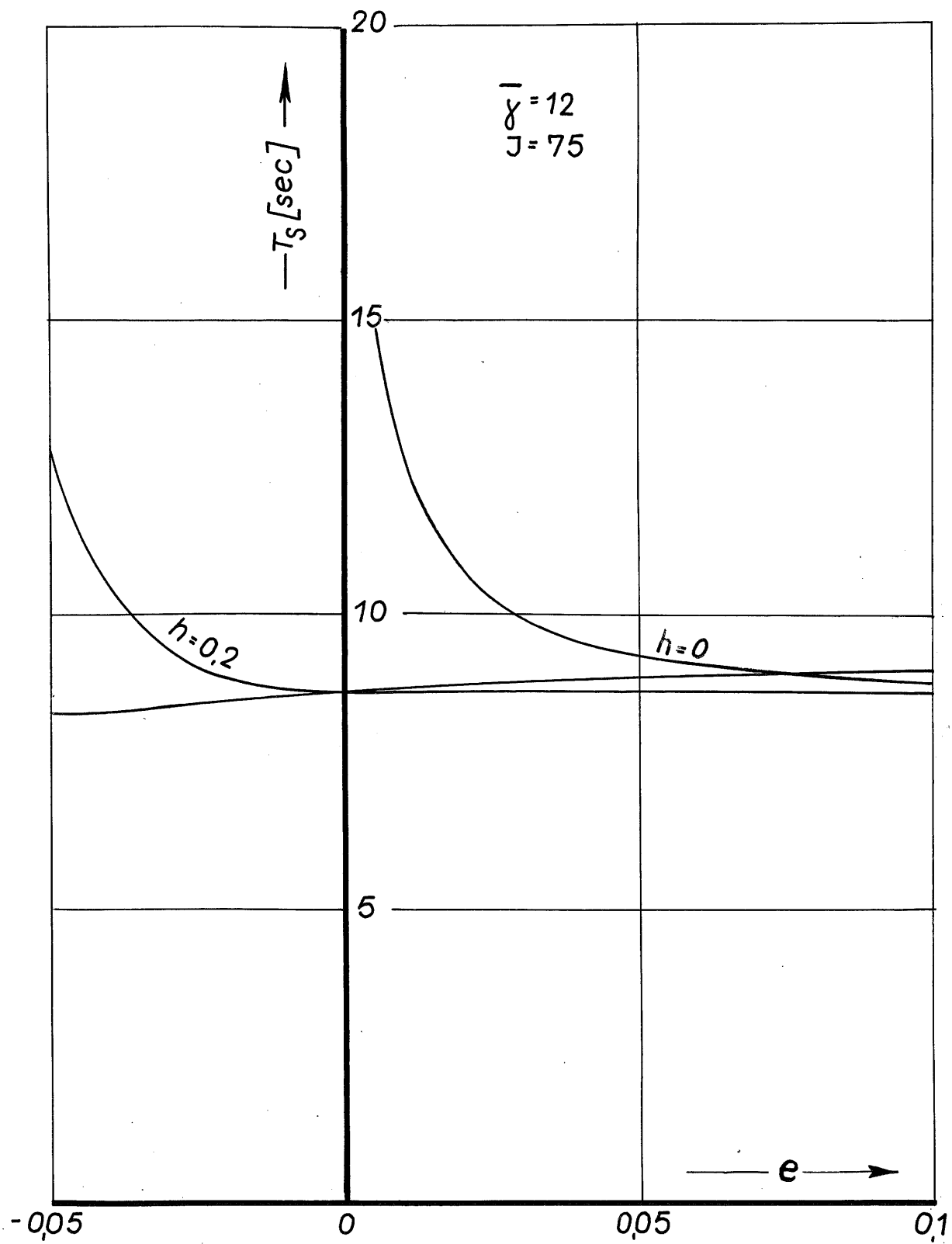


Bild 16

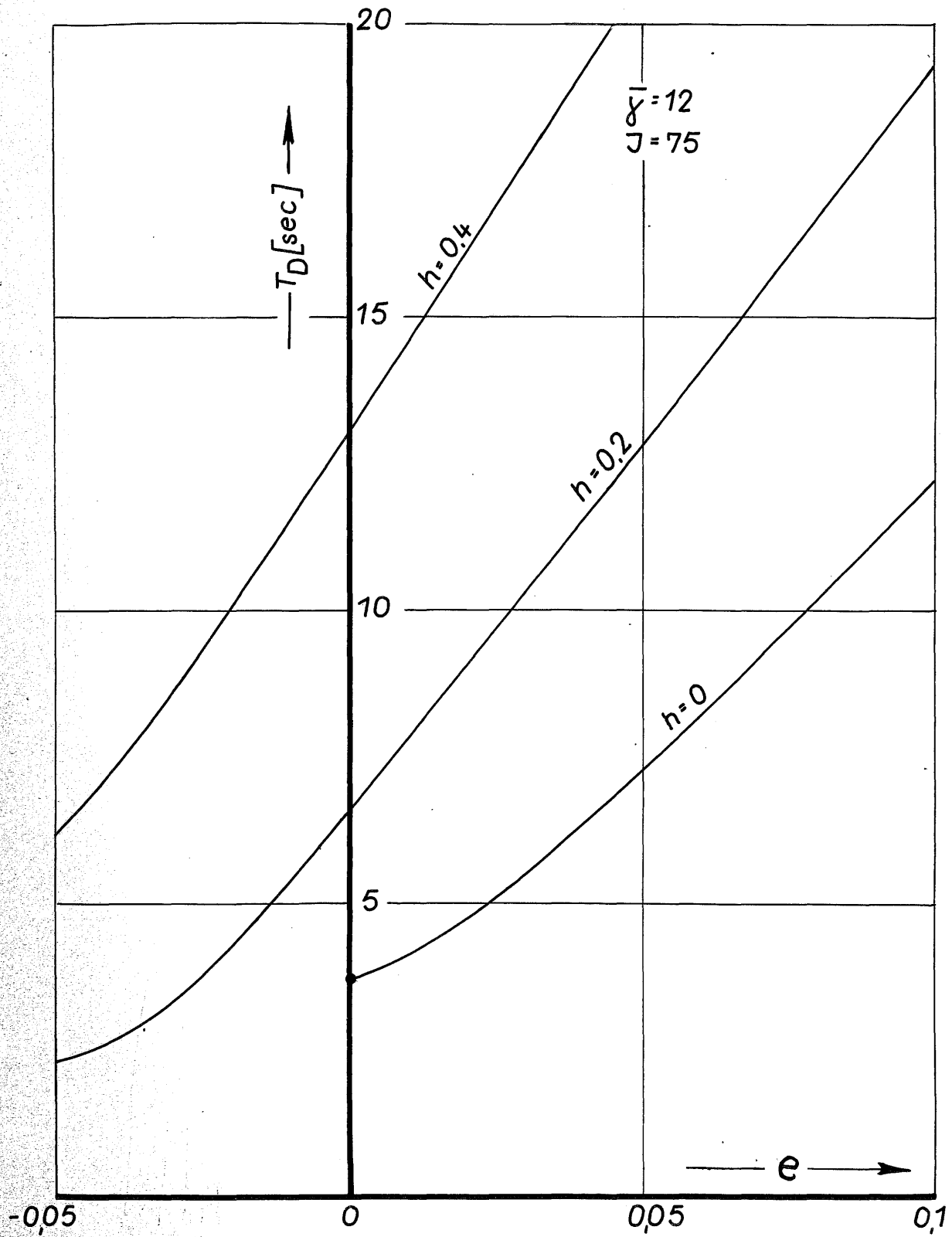


Bild 17

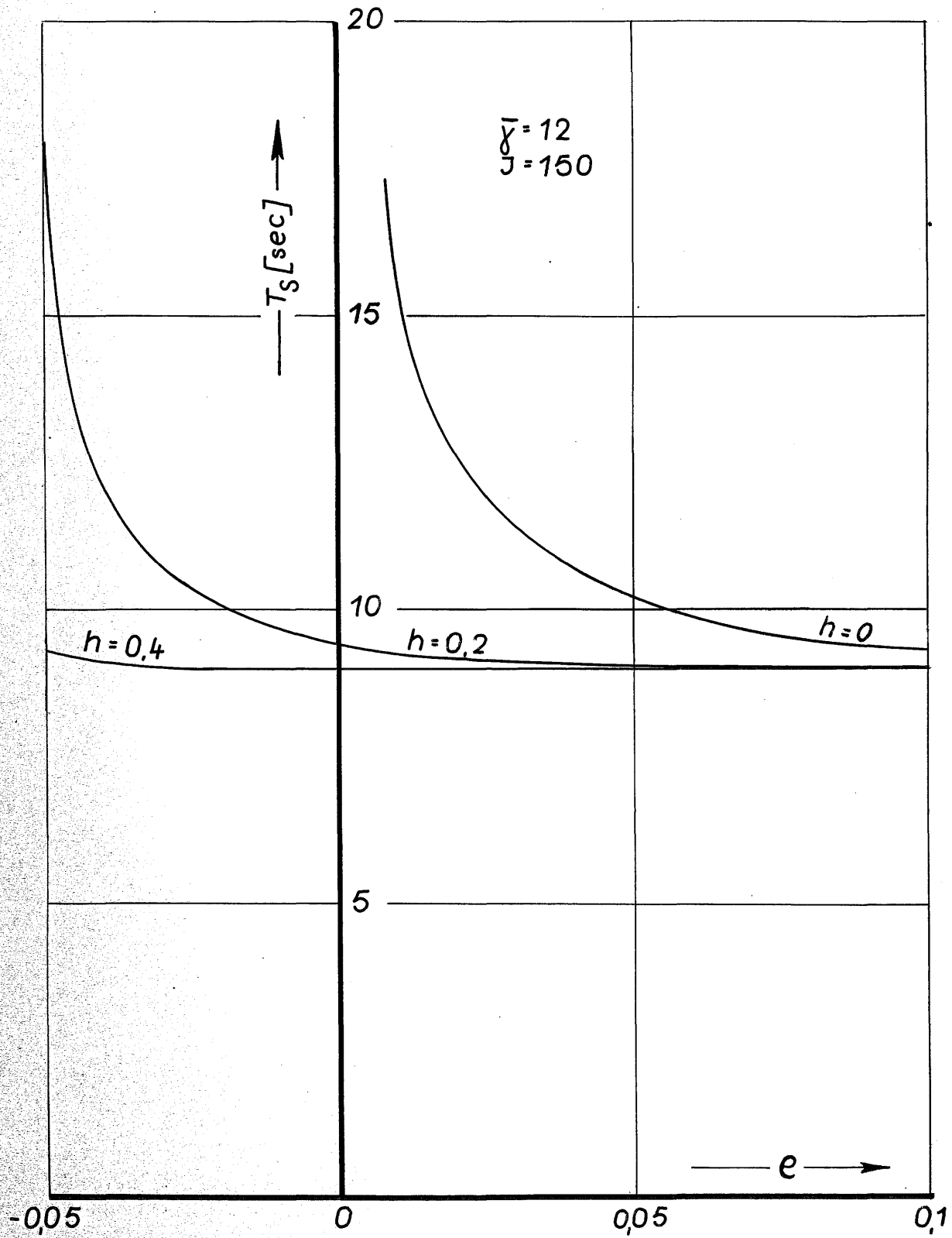


Bild 18

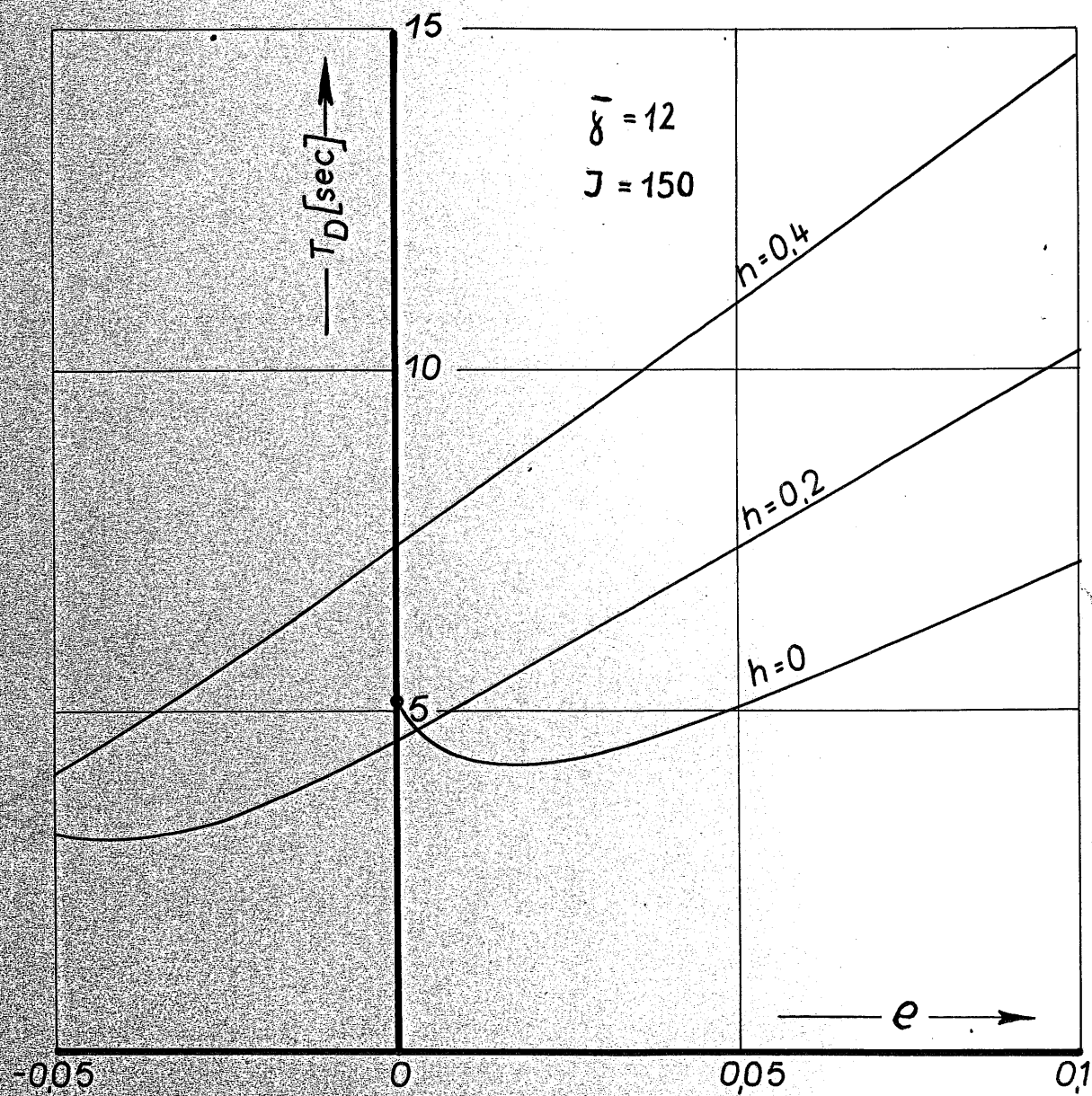


Bild 19

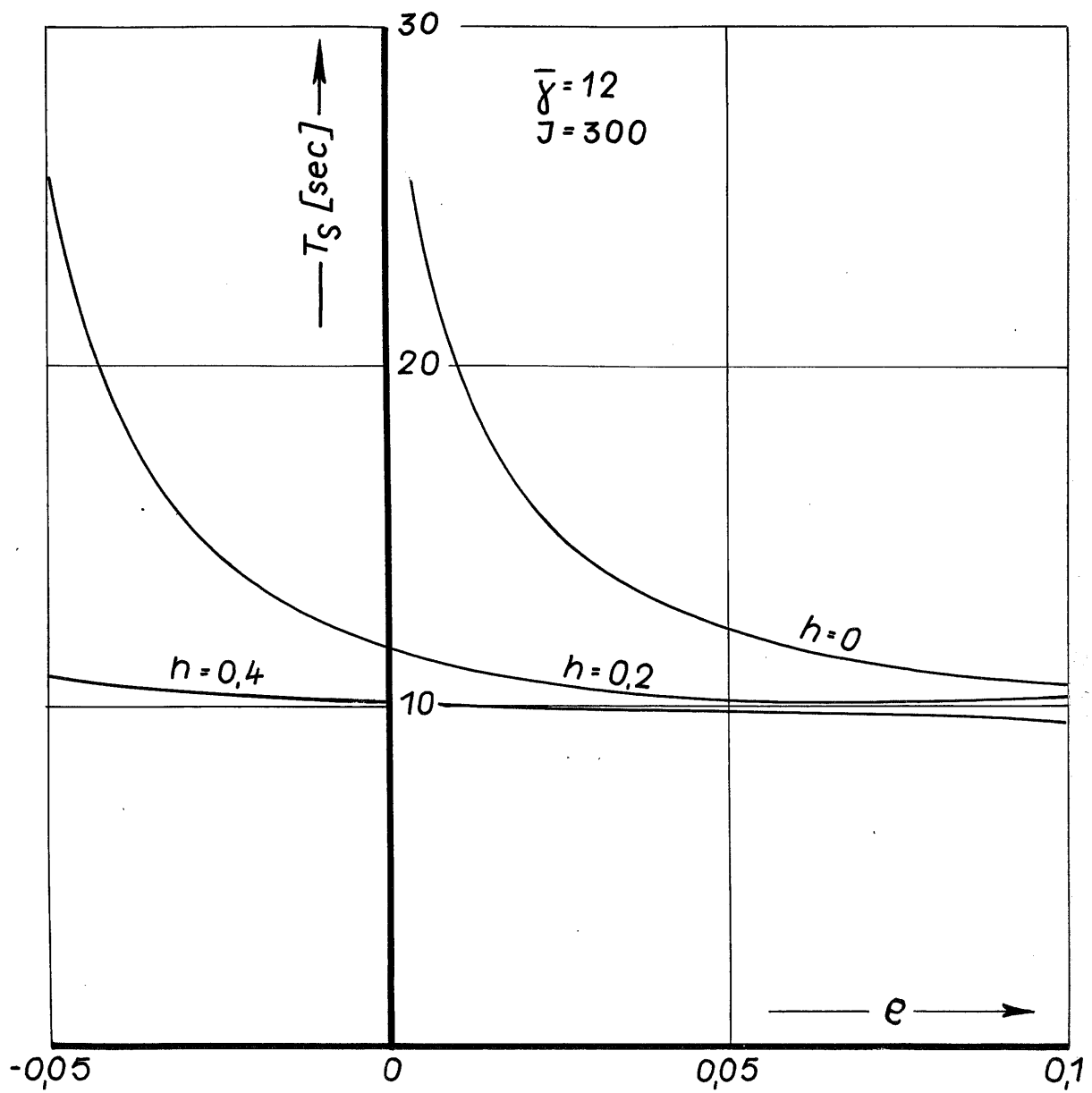


Bild 20

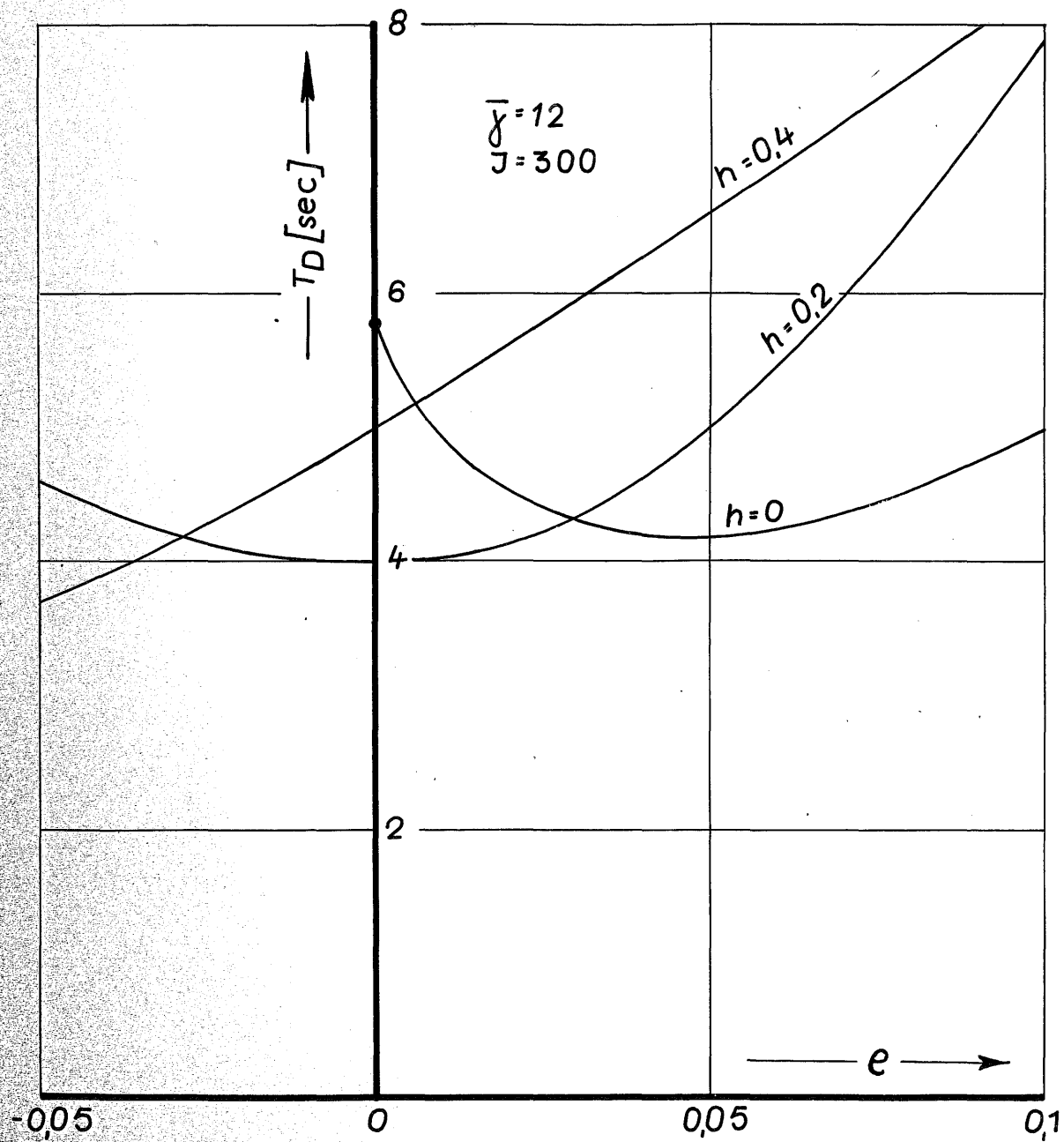


Bild 21

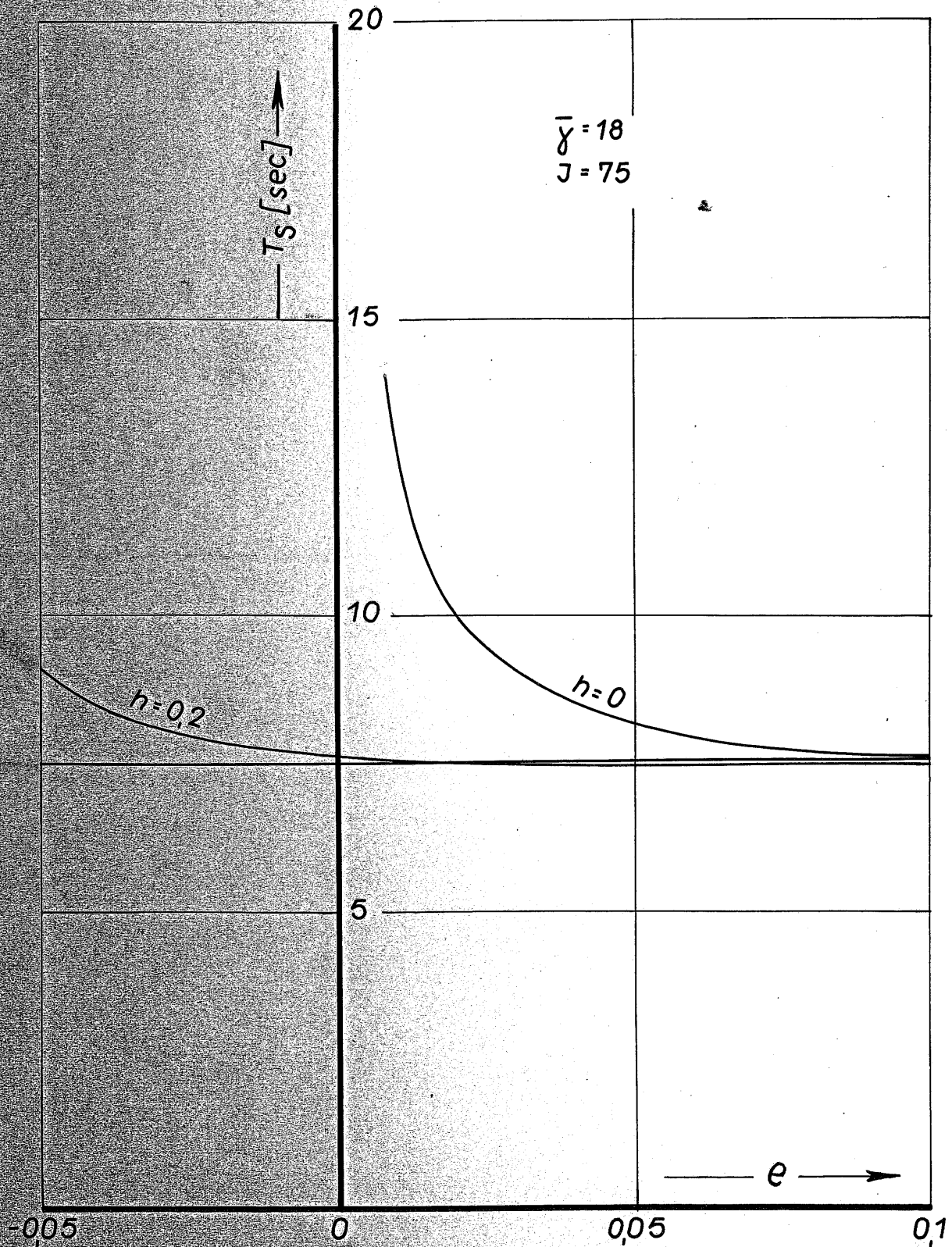


Bild 22

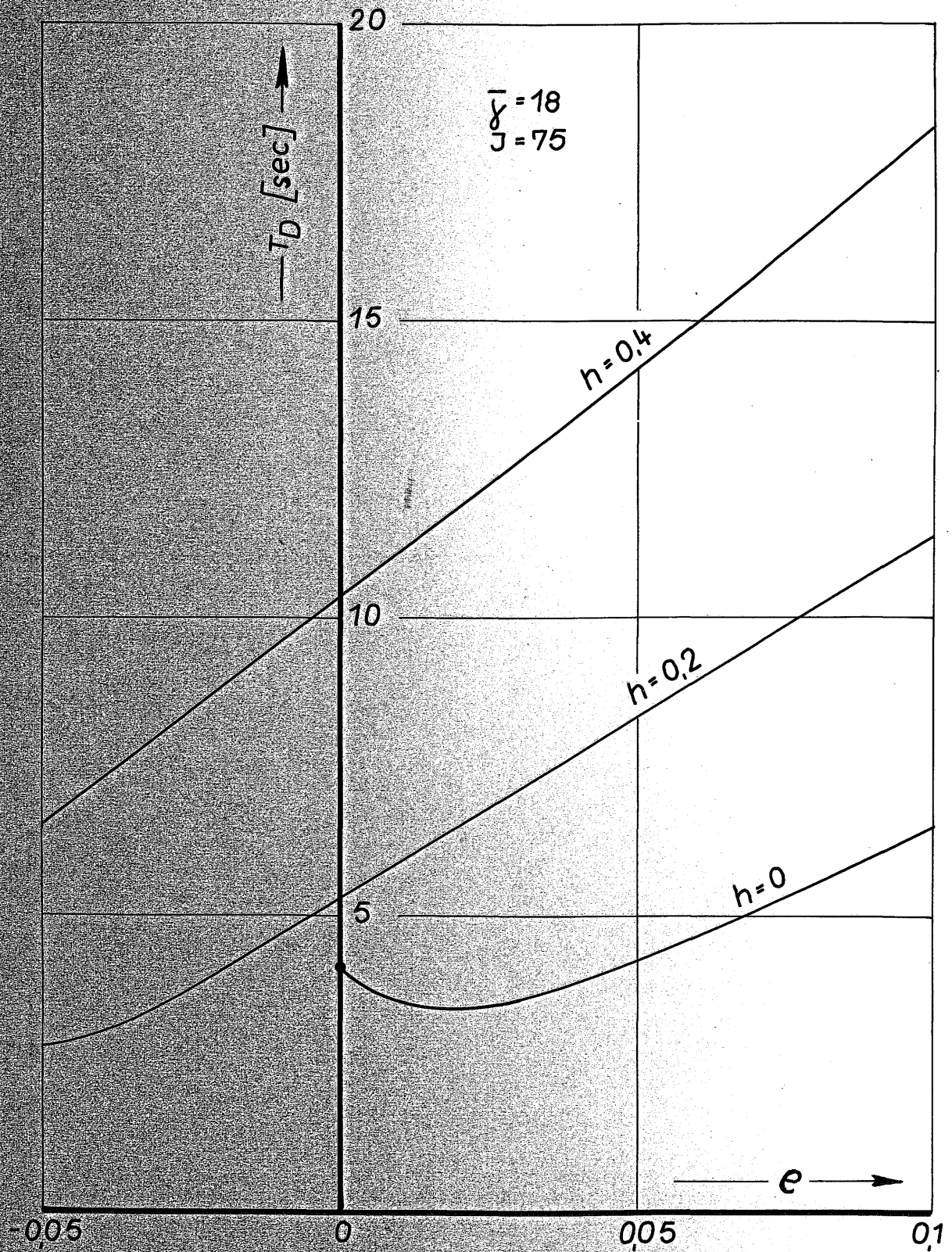


Bild 23

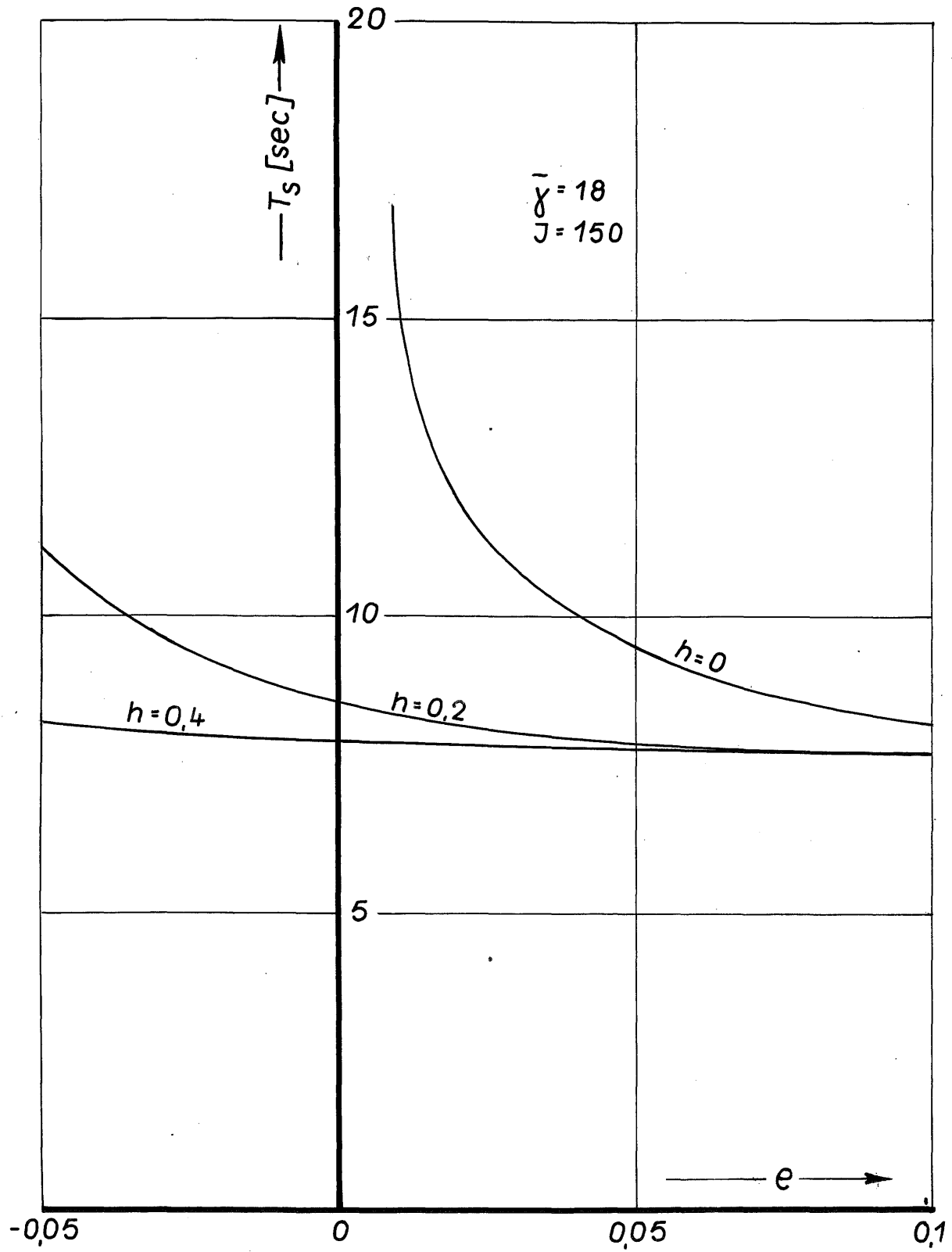


Bild 24

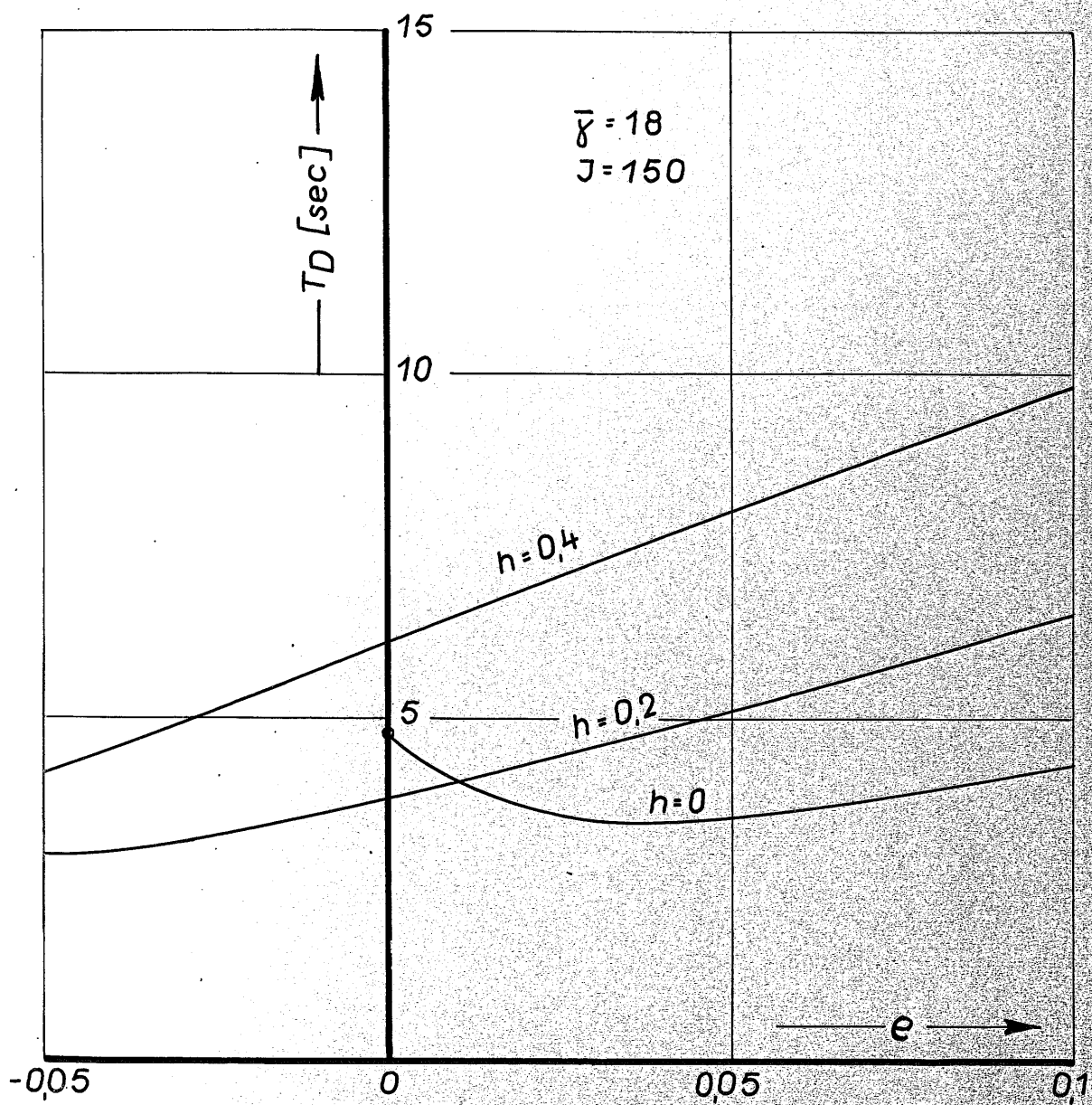


Bild 25

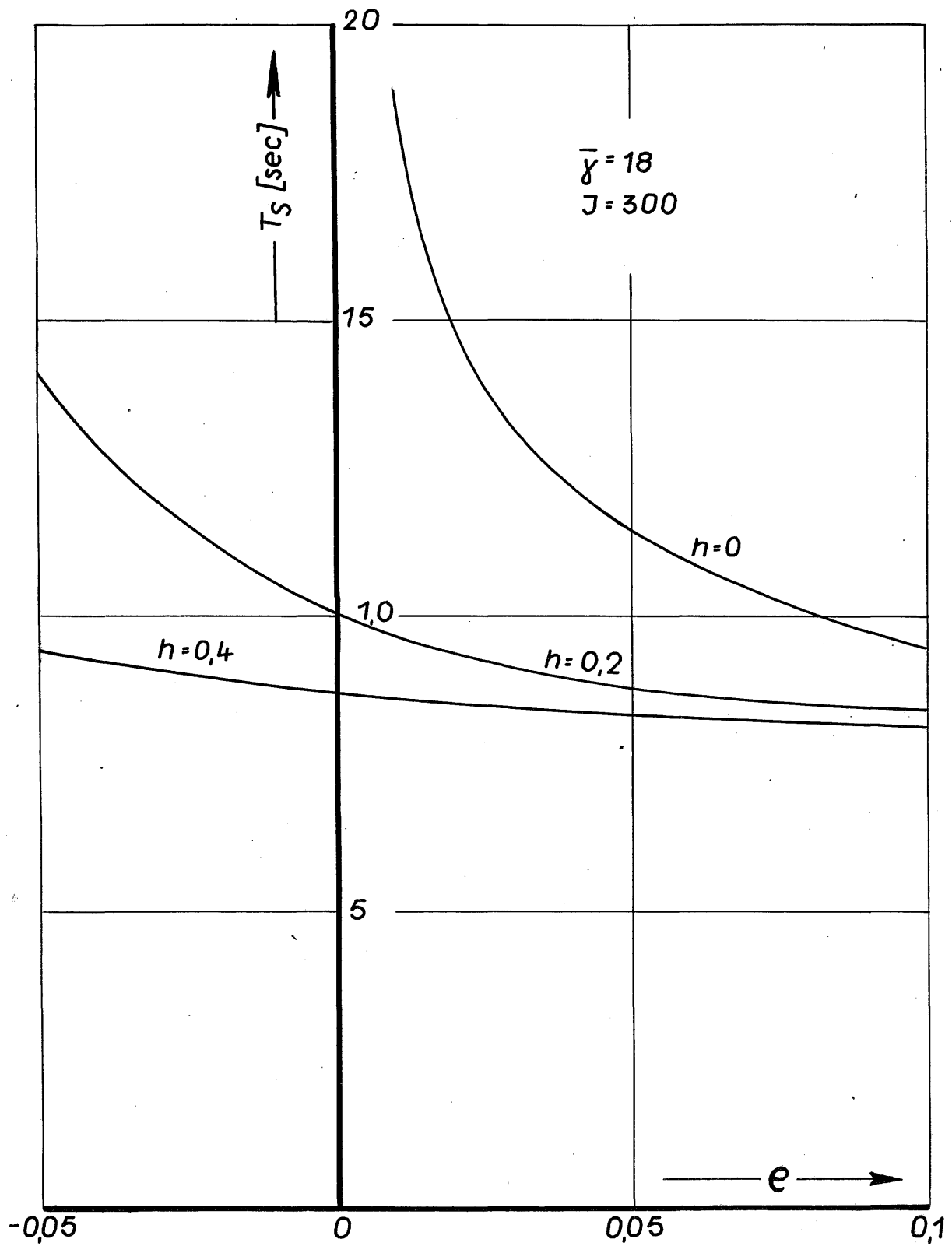


Bild 26

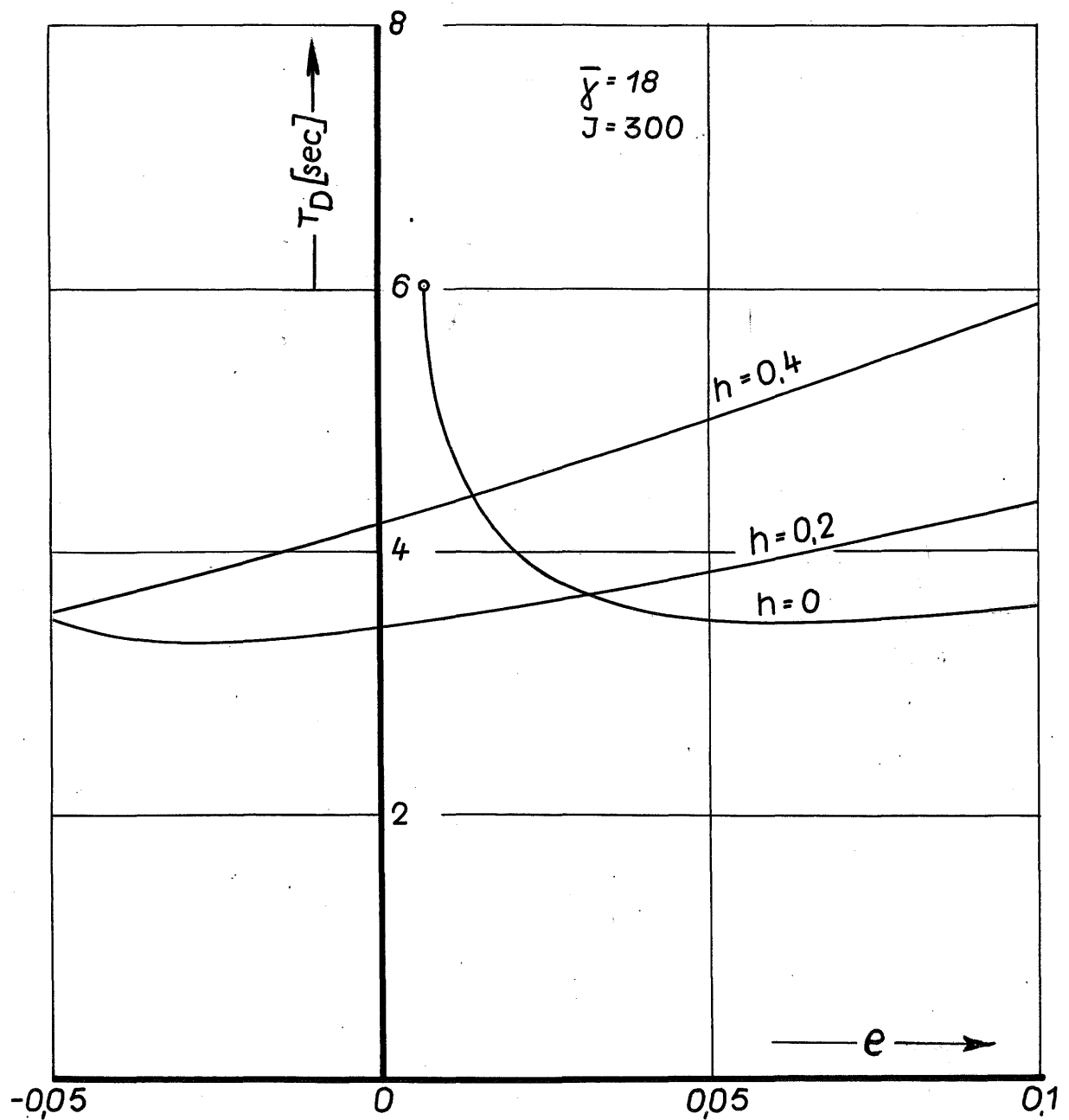


Bild 27

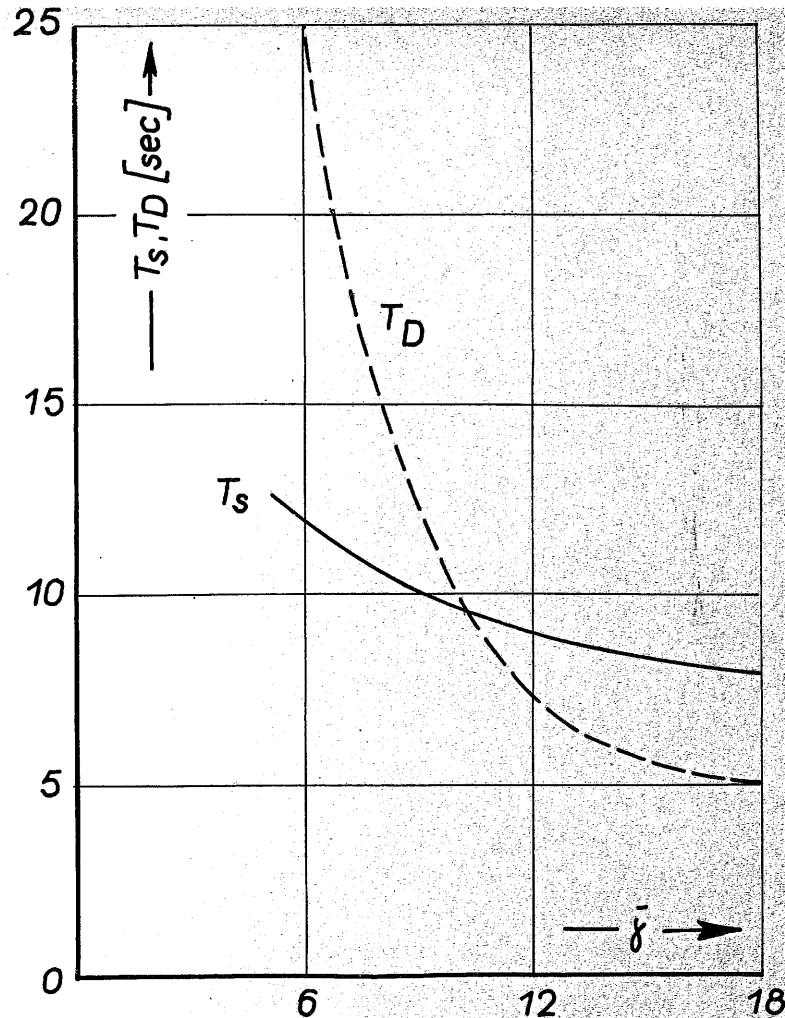


Bild 28

$$I = 150 \text{ mkgs}^2$$

$$h = 0,2$$

$$e = 0,05$$

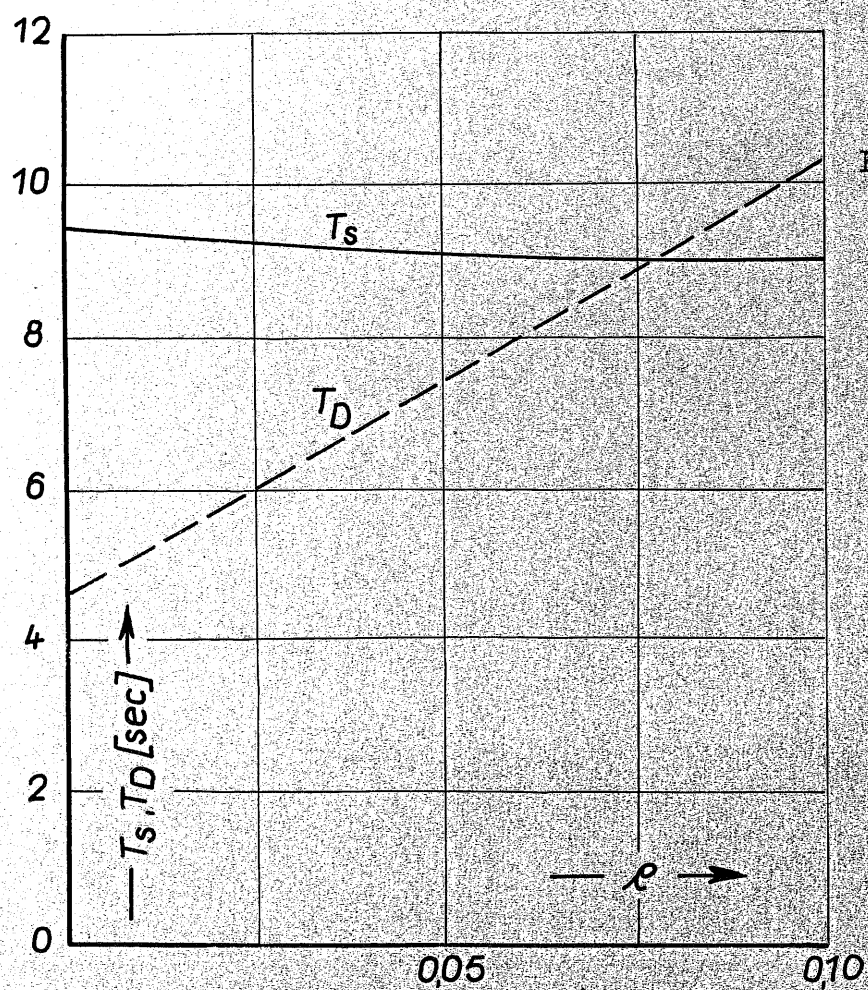


Bild 29

$$I = 150 \text{ mkgs}^2$$

$$\bar{y} = 12$$

$$h = 0,2$$

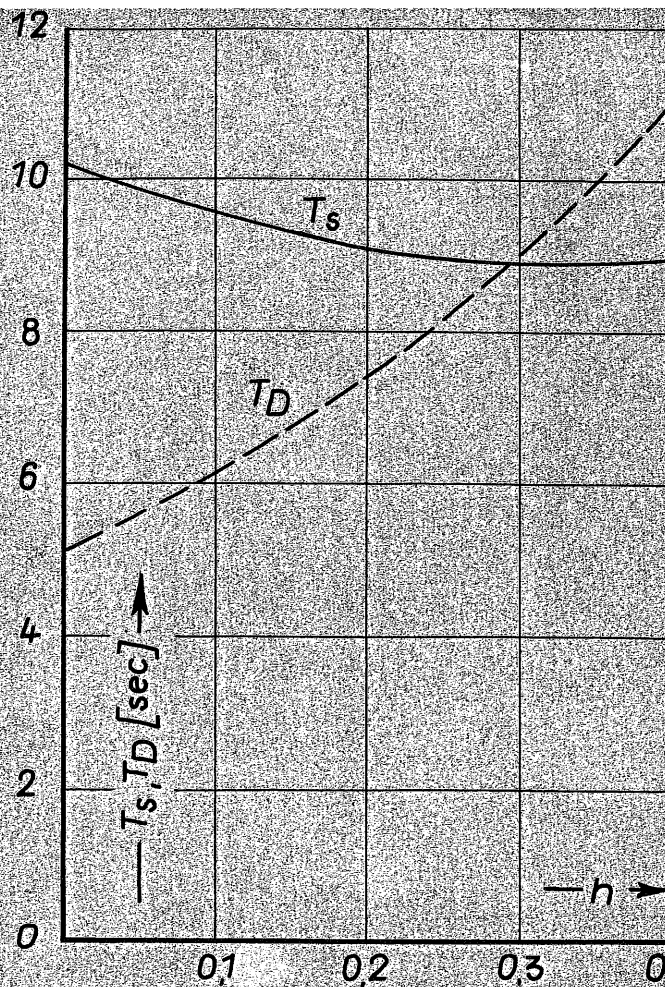


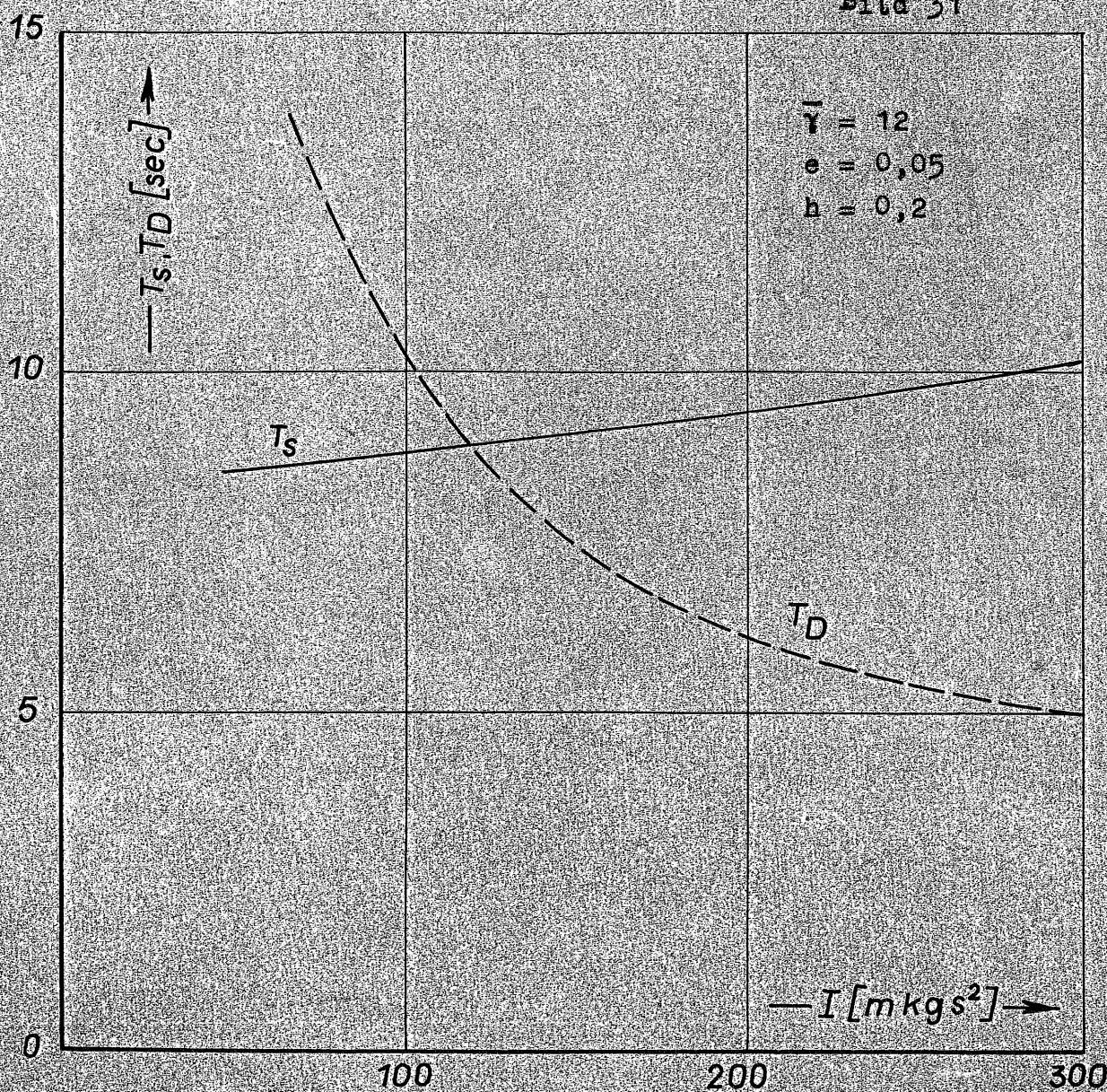
Bild 30

$$I = 150 \text{ mkg s}^2$$

$$\bar{\gamma} = 12$$

$$e = 0,05$$

Bild 31



$$\bar{\gamma} = 12$$

$$e = 0,05$$

$$h = 0,2$$